

О. В. ЧАЛА**МОДЕЛЬ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Предметом исследования являются процессы построения и использования темпоральных знаний, которые определяют порядок реализации управленческих решений в рамках организационного управления. Цель заключается в разработке модели представления темпоральных знаний для определения последовательности управляющих действий во времени в рамках управленческого решения с учетом уровня организационной иерархии, на котором реализуются эти действия. Для достижения этой цели решаются задачи структуризации факторов, определяющих различия представления и использования темпоральных знаний, а также разработки обобщенной модели темпоральных знаний для поддержки управленческих решений. Показано, что ключевые отличия темпоральных зависимостей от каузальных связаны с использованием комбинации формальных и неформальных знаний исполнителей о причинно-следственных зависимостях между управляющими действиями в составе управленческого решения для построения последовательности действий во времени, а также вероятностными свойствами темпоральных отношений. Предложена модель обобщенного представления темпоральных знаний, предназначенная для поддержки управленческих решений. Модель включает в себя множество обобщенных фактов, а также набор темпоральных и иерархических отношений между этими фактами. Факты отражают известные состояния объекта управления. Каждый обобщенный факт формируется на основе конъюнкции элементарных фактов. Элементарный факт задает значение определенного свойства объекта управления. Темпоральные отношения определяют последовательность фактов во времени. Уровень организационной иерархии для фактов отображается с использованием логических операций. В практическом плане предложенная модель ориентирована на построение темпоральной базы знаний. Вывод на такой базе знаний дает возможность определить вероятные последовательности управляющих действий, которые приводят к последовательности переходов между состояниями, позволяющий достичь целевого состояния объекта управления. Это дает возможность сформировать набор возможных альтернативных вариантов реализации управленческого решения в случае возникновения аномальных состояний объекта управления.

Ключевые слова: темпоральная база знаний; темпоральные правила; логичные факты; последовательность состояний объекта управления.

О. В. ЧАЛА**МОДЕЛЬ ОБОБЩЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Предметом исследования являются процессы построения и использования темпоральных знаний, которые определяют порядок реализации управленческих решений в рамках организационного управления. Цель заключается в разработке модели представления темпоральных знаний для определения последовательности управляющих действий во времени в рамках управленческого решения с учетом уровня организационной иерархии, на котором реализуются эти действия. Для достижения этой цели решаются задачи структуризации факторов, определяющих различия представления и использования темпоральных знаний, а также разработки обобщенной модели темпоральных знаний для поддержки управленческих решений. Показано, что ключевые отличия темпоральных зависимостей от каузальных связаны с использованием комбинации формальных и неформальных знаний исполнителей о причинно-следственных зависимостях между управляющими действиями в составе управленческого решения для построения последовательности действий во времени, а также вероятностными свойствами темпоральных отношений. Предложена модель обобщенного представления темпоральных знаний, предназначенная для поддержки управленческих решений. Модель включает в себя множество обобщенных фактов, а также набор темпоральных и иерархических отношений между этими фактами. Факты отражают известные состояния объекта управления. Каждый обобщенный факт формируется на основе конъюнкции элементарных фактов. Элементарный факт задает значение определенного свойства объекта управления. Темпоральные отношения определяют последовательность фактов во времени. Уровень организационной иерархии для фактов отображается с использованием логических операций. В практическом плане предложенная модель ориентирована на построение темпоральной базы знаний. Вывод на такой базе знаний дает возможность определить вероятные последовательности управляющих действий, которые приводят к последовательности переходов между состояниями, позволяющий достичь целевого состояния объекта управления. Это дает возможность сформировать набор возможных альтернативных вариантов реализации управленческого решения в случае возникновения аномальных состояний объекта управления.

Ключевые слова: темпоральная база знаний; темпоральные правила; логические факты; последовательность состояний объекта управления.

O. V. CHALA**MODEL OF GENERALIZED REPRESENTATION OF TEMPORAL KNOWLEDGE FOR TASKS OF SUPPORT OF ADMINISTRATIVE DECISIONS**

The subject of the research is the processes of building and using temporal knowledge, which determine the order of implementation of managerial decisions within the framework of organizational management. The goal is to develop a temporal knowledge representation model to determine the sequence of control actions over time as part of a management decision, taking into account the level of the organizational hierarchy at which these actions are implemented. To achieve this goal, the problems of structuring the factors determining the differences in the presentation and use of temporal knowledge, as well as the development of a generalized model of temporal knowledge to support managerial decisions, are solved. It is shown that the key differences between temporal and causal dependencies are associated with the use of a combination of formal and informal knowledge of performers about causal relationships between control actions as part of a management decision to build a sequence of actions in time, as well as the probabilistic properties of temporal relationships. A generalized model of temporal knowledge is proposed, designed to support managerial decisions. The model includes many generalized facts, as well as a set of temporal and hierarchical relationships between these facts. Facts reflect known states of the control object. Each generalized fact is formed on the basis of a conjunction of elementary facts. An elementary fact sets the value of a certain property of a control object. Temporal relationships determine the sequence of facts over time. The organizational hierarchy level for facts is set using logical operations. In practical terms, the proposed model is focused on building a temporal knowledge base. Conclusion based on such a knowledge base makes it possible to determine the probable sequence of control actions that lead to a sequence of transitions between states, which allows achieving the target state of the control object. This makes it possible to form a set of possible alternative options for implementing a managerial decision in the event of abnormal conditions of the control object.

Keywords: emporal knowledge base; temporal rules; logical facts; the sequence of states of the control object.

© О. В. Чала, 2020

Вступ. Управлінські рішення (УР) дають можливість реалізувати управління організаційною системою цілому, а також окремими технологічними, економічними, інформаційними процесами в умовах невизначеності щодо стану об'єкту управління (ОУ) та зовнішнього середовища [1, 2]. Підтримка прийняття управлінських рішень полягає у формуванні упорядкованої за заданим критерієм ефективності множини альтернативних послідовностей дій, що забезпечують розв'язання поточної задачі управління. Такий набір допустимих варіантів управлінського рішення дає можливість спростити вибір ОНР.

Підтримка управлінських рішень передбачає послідовне вирішення задач виявлення аномального стану об'єкту управління, побудови моделі комплексного управлінського рішення, а також вибору ОНР та подальшу реалізацію однієї з альтернатив у складі управлінського рішення [3, 4]. Сукупність цих задач складає єдиний ітеративний процес, що передбачає поетапне коригування управлінського рішення з використанням знань про процес управління та даних щодо послідовності станів об'єкту управління у часі. Даний процес є знання-ємним, тобто містить у собі гнучку послідовність процедур, яка змінюється на основі знань про причинно-наслідкові залежності між управляючими діями.

Автоматизована підтримка цього процесу базується на використанні запропонованої в роботі [5] темпоральної моделі комплексного управлінського рішення. Дана модель містить у собі множину можливих послідовностей управляючих дій та станів об'єкту управління, що виникають в результаті виконання дій. Кожна з таких послідовностей направлена на досягнення цільового стану об'єкту управління. Вказані послідовності управляючих дій формуються на основі темпоральних знань. Ці знання відображають упорядкованість управляючих дій у часі. Отримана послідовність дій відображає каузальні зв'язки між ними (або між відповідними станами ОУ). Каузальні зв'язки задаються як на основі формальних знань про технологічні та бізнес-процеси, так і з використанням персональних знань висококваліфікованих виконавців, або «knowledge workers» [6] та ОНР. Тому такі причинно-наслідкові залежності не завжди можуть бути формалізовані для використання у базі знань в системі підтримки управлінських рішень. З іншого боку, темпоральні залежності можуть бути отримані на основі аналізу баз даних та журналів подій систем обробки транзакцій та інформаційно-управляючих систем, що свідчить про можливість автоматизованого формування та подальшого використання темпоральних знань в системах підтримки прийняття рішень.

Таким чином, проблема побудови узагальненого формального опису темпоральних знань для автоматизованої підтримки управлінських рішень є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання автоматизованої побудови залежностей, що відображають ймовірнісні зв'язки у предметній області, та подальшого використання отриманих знань в інформаційно-пошукових системах були досліджені в

роботах [7-9]. Однак в цих публікаціях темпоральний аспект розглядався лише при побудові декларативних знань, пов'язаних із фактами виникнення подій у визначені моменти часу. Використання темпоральних відношень при побудові процедурних знань було розглянуто в роботі [10]. В роботах [11, 12] були визначені темпоральні правила окремих типів. В роботі [13] запропоновано метод логічного виводу на цих правилах. В роботі [3] розглянуто можливості практичного застосування темпоральних правил при вирішенні першої задачі підтримки управлінських рішень – виявлення аномальної поведінки об'єкту управління.

Однак розглянуті моделі та методи приділяють увагу в першу чергу опису та практичному використанню окремих темпоральних залежностей для вирішення задач підтримки рішень при управлінні, виявленні атак в комп'ютерних мережах та рекомендаційних системах, тощо. В той же час, питання побудови єдиного формального опису темпоральних знань для забезпечення ймовірнісного виводу на основі множини типових темпоральних правил, що враховують темпоральні відношення та структурні особливості об'єкту управління, потребують подальшого вирішення.

Метою цієї статті є розробка моделі представлення темпоральних знань, що визначають послідовність управляючих дій та відповідної зміни станів об'єкту управління у часі з урахуванням рівня організаційної ієрархії, на якому реалізуються ці дії.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі задачі:

- структуризація факторів, що визначають відмінності представлення та використання темпоральних знань;
- розробка узагальненої моделі представлення темпоральних знань.

Модель представлення темпоральних знань для підтримки управлінських рішень.

Представлення темпоральних знань щодо процесу підтримки управлінських рішень має враховувати такі відмінності цих знань та особливості їх використання:

- формування темпоральних правил виконується на основі використання комбінації формальних, а також неформальних знань виконавців щодо каузальних залежностей між управляючими діями;
- темпоральні знання мають ймовірнісний характер;
- темпоральні правила ітеративно уточнюються в у дискретному часі з на основі інформації про поточний стан об'єкту управління;
- рівень грануляції темпоральних знань відповідає рівню організаційної ієрархії ОУ.

Перша характеристика темпоральних знань показує, що вони можуть бути використані для відображення упорядкованості управляючих дій у часі незалежно від причин виникнення відповідних послідовностей станів об'єкту управління. Тобто такі залежності дають можливість описати як явні, так і неявні персональні знання висококваліфікованих виконавців та ОНР.

Друга характеристика показує, що темпоральні знання лише відображають реалізацію детермінованих причинно-наслідкових залежностей між станами об'єкту управління та відповідними управляючими діями. Важливість або вага темпорального правила визначається кількістю реалізацій цього правила при виконанні управлінських рішень. Чим частіше був використаний порядок у часі, який задається темпоральним правилом, тим більше його загальність і, відповідно, важливість при формуванні нових управлінських рішень.

Третій фактор визначає особливості використання темпоральних знань для підтримки управлінських рішень у реальному часі. У процесі підтримки у автоматизованому режимі вирішуються задачі виявлення проблемної ситуації, представленої аномальним станом ОУ, а також задачі формування набору можливих альтернативних послідовностей дій у складі управлінського рішення. Тобто у процесі підтримки база темпоральних знань має бути доповнена новими, актуальними залежностями, що відображають останні управляючі дії.

Фактори, що були розглянуті, визначають можливість формування такої послідовності управляючих дій у часі, що дають можливість досягти цільового стану об'єкту управління.

Останній, четвертий фактор враховує не темпоральний, а організаційний аспект у формі ієрархічного опису послідовностей управляючих дій згідно рівня організаційної ієрархії. Така ієрархія задається через зв'язок між виконавцями та підрозділами в рамках організації в цілому.

Запропонована модель узагальненого представлення темпоральних знань базується на визначенні загальних фактів щодо стану об'єкту управління, а також темпоральних та ієрархічних відношень між цими фактами. Факти та відношення між ними дають можливість описати як декларативні, так і процедурні знання. Сукупність загальних фактів в цілому визначає декларативний аспект темпоральних знань. Загальні факти складаються із елементарних фактів. Елементарний факт задає одну із властивостей стану ОУ. Він відображає набуття змінною, що характеризує об'єкт управління, одного значення із дискретної множини значень:

$$g(a_k) = v_{k,l} \Rightarrow \varphi_{k,l} = \text{true}, \quad (1)$$

де a_k – атрибут стану ОУ, що визначає його елементарну властивість;

$v_{k,l} \in V_k$ – поточне значення атрибуту.

Приклад елементарного факту: «код товару, що обробляється в поточний момент, становить prod17».

Кожен факт $f_j \in F$ є фактом виникнення стану s_j об'єкту управління, задається кон'юнкцією елементарних фактів і представляється таким чином:

$$f_j = \varphi_{1,l} \wedge \varphi_{2,l} \wedge \dots \wedge \varphi_{K,l} | \tau = \tau_j, \quad (2)$$

де $\varphi_{k,l}$ – елементарний факт, що визначає одну із властивостей стану об'єкту управління;

τ_j – момент часу, коли загальний факт f_j виникнення стану s_j стає істинним.

Таким чином, загальний факт f_j стає істинним лише у такий дискретний момент часу, коли підмножина змінних, що характеризують стан об'єкту управління, приймає визначені елементарними фактами $\varphi_{k,l}$ значення. Зазначене свідчить що, сукупність фактів f_j з урахуванням атрибуту часу є декларативними знаннями про стан об'єкту управління.

На базі визначення (2) факти виникнення станів об'єкту управління у складі темпоральних знань можуть бути задані єдиним чином, без урахування відмінностей у описі предметної області. Це дає можливість побудувати однотипний опис альтернативних варіантів реалізації управлінського рішення. Стандартизований опис аналогічних фактів дає можливість зіставляти їх для різних альтернатив і в подальшому виділяти одні й ті ж стани для різних реалізацій управлінського рішення. Виділення однакових станів для різних послідовностей управляючих дій дає можливість знайти однакові темпоральні залежності, що характеризують різні варіанти управлінського рішення. Ці варіанти могли бути реалізовані у різних періодах часу. Однак при побудові темпоральних залежностей достатньо враховувати відносний порядок фактів у кожній альтернативі, а не порівнювати абсолютні значення часу виникнення відповідних станів s_j .

В цілому набір станів об'єкту управління з позицій підтримки управлінських рішень може бути розділений на підмножини початкових, цільових, а також проміжних станів.

Множина можливих початкових станів при реалізації управлінського рішення задається набором фактів $\{f_0\} \subset F$. Ці факти визначають можливі проблемні ситуації при управлінні, представлені множиною аномальних станів ОУ.

Множина фактів $\{f_{aim}\} \subset F$ щодо досягнення цільового стану об'єкту управління відображає набір допустимих станів ОУ, досягнення яких свідчить про успішне завершення управлінського рішення.

Набір фактів $\{f_j\} \subset F$ щодо проміжних станів об'єкту управління дає можливість шляхом виводу на основі темпоральних знань сформулювати можливі траєкторії реалізації управлінського рішення.

Слід зазначити, що згідно виразу (2) множина всіх фактів f_j є частково упорядкованою. Дійсно, факти лінійно упорядковані за часом τ_j виникнення станів лише у випадку, якщо вони належать до однієї реалізації управлінського рішення. Відношення для фактів з різних варіантів реалізації УР формуються лише у випадку співпадіння фрагментів альтернативних послідовностей управляючих дій (послідовностей станів ОУ). Більшість пар фактів, що належать до різних альтернативних послідовностей, не матимуть темпоральних відношень і тому залежності між ними не можуть бути представлені у вигляді темпоральних знань.

Процедурний аспект темпоральних знань задається на основі темпоральних відношень для пар фактів. Вище було відмічено, що кожна пара фактів в рамках

одного варіанту реалізації управлінського рішення пов'язана темпоральним відношенням. Дійсно, незалежно від послідовного чи паралельного виконання управляючих дій під час реалізації управлінського рішення стани на початок та на завершення кожної такої дії упорядковані в часі. Між ними можуть бути відсутніми проміжні стани ОУ у випадку послідовного виконання управляючих дій. Також можуть існувати проміжні стани ОУ, які виникли внаслідок початку або завершення паралельних дій, зовнішніх впливів, тощо. Перший і другий випадок відрізняється типом темпорального відношення, яке реалізується через темпоральну операцію.

Таким чином, кожна пара фактів f_j та f_m , що пов'язані темпоральним відношенням, задає темпоральне правило. Останнє є елементом представлення знань щодо послідовності виконання управляючих дій при реалізації управлінського рішення. Перший факт f_j виступає в якості антецеденту правила, істинність якого є умовою виконання цього елементу знань. Другий факт f_m є консеквентом правила, який визначає результати його виконання. Тобто реалізація правила свідчить про істинність елементарних фактів, що входять до складу консеквенту f_m у момент часу τ_m . В рамках темпоральної моделі управлінського рішення [5] істинність консеквенту свідчить про успішне та своєчасне виконання відповідної управляючої дії. Реалізація такої дії доповнює базу істинних фактів щодо станів об'єкту управління. У випадку, якщо поточний стан ОУ ще не був відображений при реалізації управлінських рішень у минулому, то на основі відомих темпоральних знань може бути виконана перевірка аномальності цього стану, тобто вирішена задача виявлення проблемної ситуації. В цілому темпоральне правило як базовий елемент представлення темпоральних знань задається на основі відношення у часі:

$$f_j \xrightarrow{o} f_m \mid \tau_m > \tau_j, \forall j \forall m \exists i: \varphi_{j,i} \equiv \varphi_{m,i}. \quad (3)$$

де o – темпоральний оператор, що визначає тип темпорального відношення між фактами.

Таким чином, темпоральне правило (3) визначає упорядкованість у часі в рамках однієї реалізації управлінського рішення для пари станів, що можуть бути реалізовані послідовно в часі, через проміжні стани, за апіорно визначених умов, тощо.

В цілому вирази (1) – (3) задають послідовність виконання управляючих дій у складі управлінського рішення. Дана послідовність може бути представлена з різним ступенем деталізації з урахування поточного рівня організаційної структури підприємства, на якому розглядається реалізація управлінського рішення.

Для побудови такого представлення необхідно сформувати ієрархію фактів у відповідності до ієрархічної структури підприємства з урахуванням поточних задач, що вирішуються шляхом виконання управлінського рішення. Для побудови ієрархії на основі множини фактів пропонується використати

набір $\{h\}$, що, зокрема, містить логічні операції кон'юнкції та диз'юнкції для пар загальних фактів.

Реалізація цих операцій для розглянутих фактів має деякі особливості, що пов'язані як із темпоральним аспектом знань, так і з представленням організаційної ієрархії. Для представлення підрозділів організації пропонується використати відому концепцію артефактів, як інформаційних об'єктів з визначеними властивостями. Тоді результатом кон'юнкції для пари загальних фактів буде такий факт, який містить спільні елементарні факти у складі загальних фактів. Наведена інтерпретація кон'юнкції базується на представлених виразами (1) та (2) структурних особливостях загального та елементарного фактів. Тобто використання операції кон'юнкції дає можливість врахувати лише ті елементарні факти, що є спільними для декількох артефактів. Диз'юнкція фактів дає можливість поєднати потрібні властивості артефактів із спільної групи. Наприклад, представити у вигляді єдиного факту набуття певних властивостей всіма співробітниками підрозділу.

Визначення артефактів, відношень та операцій між ними дає можливість представити модель узагальненого представлення темпоральних знань у такому вигляді:

$$M = \{F, \{o\}, \{h\} : \forall f_j \neq f_{aim} \exists o: f_j \xrightarrow{o} f_m\}. \quad (4)$$

Наведена модель дає можливість використати темпоральні знання для формування послідовності управляючих дій у часі на заданому рівні узагальнення.

Висновки. Запропоновано модель узагальненого представлення темпоральних знань, що використовуються для підтримки управлінських рішень. Модель містить у собі множину узагальнених фактів, а також набір операторів та операцій, що визначають відношення між цими фактами. Кожен факт відображає стан об'єкту управління, що виникає в результаті виконання однієї управляючої дії у визначений момент часу. Узагальнений факт являє собою кон'юнкцію елементарних фактів, кожен з яких задає значення певної властивості об'єкту управління. Відношення між фактами визначають їх послідовність у часі, а також їх відповідність ієрархічному рівню на об'єкті управління. Послідовність у часі задається за допомогою темпоральних операторів. Рівень деталізації або узагальнення у відповідності до ієрархічного рівня опису стану об'єкту управління задається логічними операціями. Практичне застосування запропонованої моделі дає можливість побудувати темпоральну базу знань, яка задає ймовірні послідовності управляючих дій або переходів між станами об'єкту управління, що дозволяє на основі ймовірнісного виводу сформувати можливі управлінські рішення при виникненні аномальних станів об'єкту управління.

Додаткові можливості використання запропонованого опису темпоральних знань пов'язані з побудовою інформаційно-довідкових систем та систем на основі прецедентів, які, на відміну від існуючих формують для користувача не лише декларативні, а й процедурні знання.

Список літератури

1. Frank Harrison E., Monique A. The essence of management decision. *Management Decision*. 2000. Vol. 38, issue 7. P. 462–470.
2. Смирнов Э.А. *Управленческие решения*. Москва: Инфра-М, 2001. 264 с.
3. Chala O. Method for detecting anomalous states of a control object in information systems based on the analysis of temporal data and knowledge. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2018. Vol. 6. P. 28–35.
4. Левикин В. М., Чала О. В. Підтримка прийняття рішень в інформаційно-управляючих системах з використанням темпоральної бази знань. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Том 2. № 4. С. 101–107.
5. Левикин В. М., Чала О.В. Метод підтримки управлінських рішень в умовах невизначеності на основі темпоральних знань. *Біоніка інтелекту*. 2018. № 2 (91). С. 54–59.
6. Kalynychenko O., Chaly S., Bodyanskiy Y., Golian V., Golian N. Implementation of Search Mechanism for Implicit Dependences in Process Mining. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2013 IEEE 7th International Conference*. Volume 1. P. 138–14.
7. Chalyi S., Leshchynskiy V., Leshchynska I. Method of forming recommendations using temporal constraints in a situation of cyclic cold start of the recommender system. *EUREKA: Physics and Engineering*. Vol. 4. P. 34–40.
8. Domingos P. Lowd D., Kok S., Poon H., Richardson M., Singla P. Just Add Weights: Markov Logic for the Semantic Web. *International Workshop on Uncertainty Reasoning for the Semantic Web*. 2006. P. 1–25.
9. Domingos P. Learning, logic, and probability: A unified view. *Proceedings of the IBERAMIA 2006, SBIA 2006: Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA-SBIA 2006*. Brazil, 2006. URL: springer.com/chapter/10.1007/11874850_2 (accessed: 18.05.2020).
10. Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О. Моделювання пояснень щодо рекомендованого переліку об'єктів з урахуванням темпорального аспекту вибору користувача. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2019. Том 6 № 58. С. 97–101.
11. Чалий С. Ф., Лещинський В. О., Лещинська І. О. Доповнення вхідних даних рекомендаційної системи в ситуації циклічного холодного старту з використанням темпоральних обмежень типу «NEXT». *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2019. Вип. 4(56). С. 105–109.
12. Levykin V., Chala O. Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 5/3(95). P. 16–24.
13. Levykin V., Chala O. Development of information technology to support management decisions using the probabilistic inference in a temporal knowledge base. *Problems of information technologies*. 2018. №. 24. P. 35–44.
3. Chala O. Method for detecting anomalous states of a control object in information systems based on the analysis of temporal data and knowledge. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2018, vol. 6, pp. 28–35.
4. Levykin V. M., Chala O. V. Pidtrimka priynyattya rishen v informacino-upravlyayuchih sistemah z vikoristanniam temporalnoyi bazi znan [Decision support in information and management systems using a temporal knowledge base]. *Suchasni informacijni sistemi* [Modern information systems], 2018, vol. 2, no. 4, pp. 101–107.
5. Levykin V., Chala O. Metod pidtrimki upravlinskih rishen v umovah neviznachenosti na osnovi temporalnih znan [Method of support of managerial decisions in conditions of uncertainty on the basis of temporal knowledge]. *Bionika intelektu* [Bionics of Intelligence]. 2018, no 2 (91), pp. 54–59.
6. Kalynychenko O., Chaly S., Bodyanskiy Y., Golian V., Golian N. Implementation of Search Mechanism for Implicit Dependences in Process Mining. *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2013 IEEE 7th International Conference*. Vol. 1, pp. 138–14.
7. Chalyi S., Leshchynskiy V., Leshchynska I. Method of forming recommendations using temporal constraints in a situation of cyclic cold start of the recommender system. *EUREKA: Physics and Engineering*. Vol. 4, pp. 34–40.
8. Domingos P. Lowd D., Kok S., Poon H., Richardson M., Singla P. Just Add Weights: Markov Logic for the Semantic Web. *International Workshop on Uncertainty Reasoning for the Semantic Web*. 2006, pp. 1–25.
9. Domingos P. Learning, logic, and probability: A unified view. *Proceedings of the IBERAMIA 2006, SBIA 2006: Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA-SBIA 2006*. Brazil, 2006. URL: springer.com/chapter/10.1007/11874850_2 (accessed: 18.05.2020).
10. Chalyi S. F., Leshchynskiy V. O., Leshchynska I. O. Modelyuvannya pojasnen shodo rekomendovanogo pereliku ob'yektiv z urahuvanniam temporalnogo aspektu viboru koristu vacha [Modeling explanations for the recommended list of items based on the temporal dimension of user choice]. *Sistemi upravlinnya, navigaciyi ta zv'yazku* [Control, Navigation and Communication Systems]. 2019, vol. 6, no. 58. pp. 97–101.
11. Chalyi S. F., Leshchynskiy V. O., Leshchynska I. O. Dopovneniya vkhidnih danih rekomendacijnioi sistemi v situacii ciklichnoho kholodnoho startu z vikoristanniam temporalnih обмежень типу «NEXT». [Supplementing the input of the recommendation system in a cyclic cold start situation using temporal constraints of the “next” type]. *Sistemi upravlinnya, navigaciyi ta zv'yazku* [Control, Navigation and Communication Systems]. 2019, vol. 4(56), pp. 105–109.
12. Levykin V., Chala O. Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018, no. 5/3(95), pp. 16–24.
13. Levykin V., Chala O. Development of information technology to support management decisions using the probabilistic inference in a temporal knowledge base. *Problems of information technologies*. 2018, no. 24, pp. 35–44.

References (transliterated)

1. Frank Harrison E., Monique A. The essence of management decision. *Management Decision*. 2000, vol. 38, issue 7, pp. 462–470.
2. Smirnov E. A. *Upravlencheskie resheniya* [Management decisions] Moscow: Infra-M Publ., 2001. 264 p.

Надійшла (received) 22.05.2020

Відомості про автора / Сведения об авторе / About the Author

Чала Оксана Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри інформаційних управляючих систем, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8265-2480>; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Чалая Оксана Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, доцент кафедры информационных управляющих систем, г. Харьков, Украина; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8265-2480>; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Chala Oksana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kharkiv National University of Radioelectronics, Associate Professor of the Department of Information Control Systems, Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8265-2480>; e-mail: oksana.chala@nure.ua.